



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006114322/28, 26.04.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.04.2006

(43) Дата публикации заявки: 10.11.2007

(45) Опубликовано: 10.05.2008 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2109321 C1, 20.04.1998. Альтгаузен А.П. и др. Справочник "Электрооборудование и автоматика электротермических установок." - М.: Энергия, 1978, с.304. SU 975597 A1, 23.11.1982. SU 370584 A1, 01.01.1973. SU 767699 A1, 30.09.1980.

Адрес для переписки:

622031, Свердловская обл., г. Нижний Тагил,
Красногвардейская, 59, Нижнетагильский
технологический институт

(72) Автор(ы):

Иванушкин Виктор Андреевич (RU),
Сарапулов Федор Никитич (RU),
Мезенин Сергей Михайлович (RU),
Исаков Дмитрий Викторович (RU),
Кожеуров Владимир Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

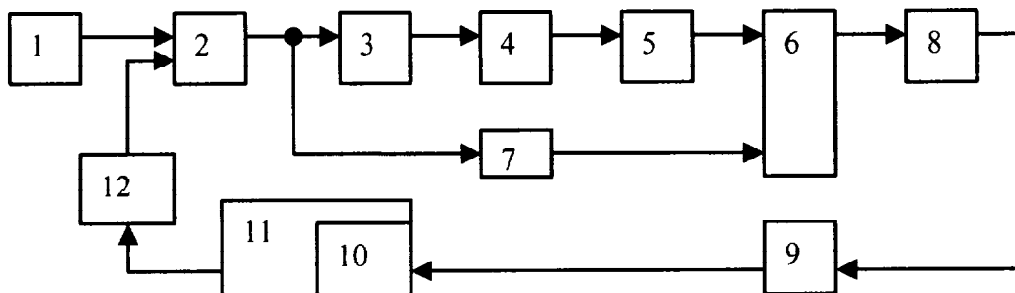
ГОУ ВПО Уральский государственный
технический университет-УПИ (ГОУ ВПО "УГТУ-
УПИ") (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области приборостроения и может быть использовано для управления температурным режимом электрической печи сопротивления. Технический результат - повышение точности регулирования. Для достижения данного результата устройство

дополнительно содержит блок выделения модуля, усилитель, блок извлечения квадратного корня, блок выделения знака и блок умножения. При этом выход блока умножения соединен с входом блока управления, а его первый вход через блок извлечения квадратного корня с выходом усилителя. 1 ил.





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2006114322/28, 26.04.2006

(24) Effective date for property rights: 26.04.2006

(43) Application published: 10.11.2007

(45) Date of publication: 10.05.2008 Bull. 13

Mail address:

622031, Sverdlovskaja obl., g. Nizhnij Tagil,
Krasnogvardejskaja, 59, Nizhnetagil'skij
tekhnologicheskij institut

(72) Inventor(s):

Ivanushkin Viktor Andreevich (RU),
Sarapulov Fedor Nikitich (RU),
Mezenin Sergej Mikhajlovich (RU),
Isakov Dmitrij Viktorovich (RU),
Kozheurov Vladimir Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):

GOU VPO Ural'skij gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet-UPI (GOU VPO "UGTU-
UPI") (RU)

(54) TEMPERATURE CONTROL DEVICE OF ELECTRIC RESISTANCE FURNACE

(57) Abstract:

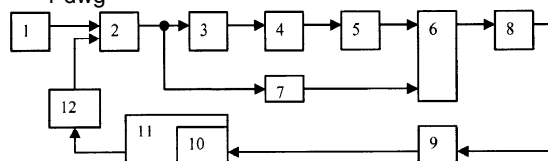
FIELD: performing operations.

SUBSTANCE: device provided additionally with module selector, amplifier, square-root extractor, digit selector and multiplier. Moreover, the multiplier output is connected to the input of a controller, and the primary input of said controller is connected via the square-

root extractor to the amplifier output.

EFFECT: enhancement of control accuracy.

1 dwg



Изобретение относится к электротехнике и электротехнологии и может быть использовано для управления температурным режимом электрической печи сопротивления.

Известно устройство для регулирования температуры электрической печи

5 сопротивление, содержащее последовательно соединенные датчик температуры, регулятор температуры, систему управления, выход которой подключен к движку силового автотрансформаторного блока, и датчик температуры [1]. Однако данное устройство не обеспечивает качественного регулирования мощности, вводимой в электропечь.

10 Известно также устройство для регулирования температуры, содержащее последовательно соединенные датчик температуры, регулятор температуры, блок управления, силовой управляемый блок, датчик температуры, регулятор тока, датчики напряжения и тока, пропорциональный блок, три дифференцирующих блока и три пропорционально-дифференцирующих блока [2]. Недостатком этого устройства

15 регулирования температуры печи является его сложность и низкая надежность. Наиболее близким по технической сущности или прототипом является устройство для регулирования температуры электрической печи сопротивления, содержащее последовательно соединенные датчик температуры и регулятор температуры, последовательно соединенные блок управления и силовой управляемый блок, силовые

20 выводы которого предназначены для подключения нагревателей электрической печи, и датчик температуры [3]. Данное устройство не может поддерживать с высокой точностью температурный режим при изменении сигнала задания вследствие нелинейной (квадратичной) зависимости мощности, вводимой в печь от выходного напряжения силового блока (напряжения питания 25 нагревателей), а следовательно, и выходного сигнала регулятора температуры. Такое устройство может оптимально стабилизировать температуру печи только в окрестности одной точки статической линеаризации [1, стр.79-80]. Во всех других случаях режим регулирования температуры печи существенно отличается от оптимального и требует при изменении задания для сохранения качества регулирования изменения (перенастройки) 30 значений параметров регулятора температуры.

Задачей изобретения является повышение точности поддержания при регулировании заданного температурного режима путем линеаризации канала регулирования "выход регулятора температуры - греющая мощность".

Указанный технический результат достигается тем, известное устройство для 35 регулирования температуры электропечи сопротивления, содержащее последовательно соединенные датчик температуры, регулятор температуры, блок управления, силовой управляемый блок, датчик температуры, дополнительно снабжено блоком выделения модуля, усилителем, блоком извлечения квадратного корня, блоком выделения знака, и блоком умножения, выход которого соединен с входом блока управления, а первый вход с 40 выходом усилителя, вход которого соединен с выходом блока выделения модуля, вход которого соединен с выходом регулятора температуры и входом блока выделения знака, выход которого соединен со вторым входом блока умножения.

Наличие в устройстве указанных элементов позволяет линеаризовать канал "выход регулятора температуры - греющая мощность" системы стабилизации и регулирования.

45 Линеаризация указанного канала обеспечивает качественное регулирование температуры в заданном диапазоне регулирования в одноконтурной системе с регулированием по отклонению при постоянных (оптимально выбранных) значениях параметров регулятора температуры (известно, что в линейных динамических системах реакция системы на входное управляющее воздействие не зависит от его величины).

50 Сопоставительный анализ с прототипом позволяет сделать вывод, что заявляемое устройство для регулирования температуры позволяет повысить точность поддержания заданного температурного режима в требуемом диапазоне регулирования и экономические показатели электропечной установки.

Следовательно, заявляемое техническое решение соответствует критерию "Новизна".

Сравнение заявляемого решения не только с прототипом, но и с другими техническими решениями в данной области техники не позволило выявить в них признаки, отличающие заявляемое решение от прототипа, что позволяет сделать вывод о соответствии критерию "Изобретательский уровень".

Сущность предлагаемого технического решения подтверждается чертежом, на котором представлена схема устройства для регулирования температуры электропечи сопротивления.

Устройство содержит задатчик температуры 1, соединенный с первым входом регулятора температуры 2, выход которого соединен с входом блока выделения модуля 3, выход которого через усилитель 4 и блок извлечения квадратного корня 5 соединен с первым входом блока умножения 6, второй вход которого через блок выделения знака 7 соединен с выходом регулятора температуры 2. Выход блока умножения 6 через блок управления 8 подключен к управляющему входу силового управляемого блока 9, на выход силового управляемого блока 9 включены нагреватели 10 электропечи сопротивления 11. Выход датчика температуры 12 электропечи сопротивления 11 соединен со вторым входом регулятора температуры 2.

Коэффициент усиления усилителя 4 выбирается из условия обеспечения линейности канала регулирования температуры "выход регулятора температуры - греющая мощность" и принимается равным совокупному коэффициенту усиления ($K_{\text{уст}}$) блока управления 8 и силового управляемого блока 9.

Устройство для регулирования температуры электропечи сопротивления работает следующим образом. Сигнал задания температуры электропечи сопротивления 11 поступает с выхода задатчика 1 на первый вход регулятора температуры 2, на второй вход которого поступает сигнал отрицательной обратной связи с датчика температуры 12. Задатчик 1 формирует желаемый закон изменения задающего воздействия при изменении задания (скачкообразный, линейный, экспоненциальный или, например, комбинированный), величина установившегося значения выходного сигнала задатчика 1 определяет величину установившегося значения температуры электропечи сопротивления 11. Регулятор температуры 2 устройства преобразует сигнал рассогласования (разность между заданным и текущим значениями температуры) в выходной сигнал (управляющее воздействие) в соответствии с принятым законом регулирования (пропорциональным, пропорционально-интегральным или пропорционально-интегрально-дифференциальным). Выходной сигнал регулятора температуры 2 поступает на вход блока выделения знака 7 и вход блока выделения модуля 3, выходной сигнал которого усиливается усилителем 4 и поступает на вход блока извлечения квадратного корня 5. Выходной сигнал блока 5 после умножения блоком 6 на знак сигнала регулятора температуры 2 поступает на вход блока управления 8 и далее на вход силового управляемого блока 9. Силовой управляемый блок 9 в соответствии с величиной и знаком своего входного сигнала изменяет величину напряжения питания нагревателей 10 электропечи сопротивления 11. При этом греющая мощность нагревателя изменяется пропорционально выходному сигналу регулятора температуры 2 (при превышении температуры печи заданного значения греющая мощность уменьшается, а при температуре печи меньше заданной - увеличивается). Линейная зависимость греющей мощности электропечи сопротивления 11 от выходного сигнала регулятора температуры 2 в данном случае обусловлена, в отличие от прототипа, искусственно введенной нелинейной зависимостью напряжения питания нагревателей 10 от выходного сигнала регулятора температуры 2, реализуемой дополнительно введенными в устройство элементами 3, 4, 5, 6 и 7.

Для понимания сущности предлагаемого авторами технического решения дополнительно отметим, что в системах автоматического регулирования температуры управляющее воздействие (суммарная мощность нагревательных элементов) зависит от величины и знака выходного сигнала регулятора температуры и определяет значение вводимой мощности в электропечь, необходимую для устранения возникшего в системе

рассогласования. Причем регулятор температуры формирует закон регулирования и его выходной сигнал (U_{rt}) является для совокупного объекта регулирования (управляемого регулятора напряжения совместно с печью сопротивления) входным управляющим воздействием ($U_n = U_{rt}$, напряжение питания нагревателей электропечи в этом случае

5 определяется выражением $U_n = U_y \cdot K_{ur}$, где K_{ur} - коэффициент усиления регулятора напряжения, равный в данном случае совокупному коэффициенту усиления блока управления 8 и силового управляемого блока 9). В то же время следует заметить, что входным управляющим воздействием собственно электропечи сопротивления, как электротермического объекта, является греющая мощность (P_{ps}), а не напряжение

10 питания нагревательных элементов печи ($U_n = U_y \cdot K_{ur}$). Известно, что при изменении напряжения питания нагревательных элементов с помощью управляемых регуляторов напряжения мощность (P_{ps}), выделяющаяся в нагревательных элементах, является нелинейной функцией подводимого напряжения ($U_{ur} = U_n$) и определяется выражением:

$$15 \quad P_{ps} = \frac{(U_y \cdot K_{ur})^2}{R_n}, \quad (1)$$

где R_n - эквивалентное сопротивление нагревательных элементов; U_y , K_{ur} - входной сигнал управления (выходной сигнал регулятора температуры) и коэффициент усиления регулятора напряжения.

Наличие такой нелинейной зависимости греющей мощности (P_{ps}) от напряжения питания нагревателей, а следовательно, и от выходного сигнала регулятора температуры не позволяет обеспечить высокую точность поддержания заданного температурного режима с постоянными значениями параметров регулятора температуры при изменении

25 задания устройству. Повышение качества регулирования в этом случае может быть достигнуто путем линеаризации канала системы регулирования температуры (вход-выход регулятора температуры (U_{rt}), выход - греющая мощность (P_{ps})). Для обеспечения линейной зависимости между выходным сигналом регулятора температуры (U_{rt}) и греющей мощностью (P_{ps}), вводимой в электропечь, и возможности

30 синтеза линейными методами теории автоматического регулирования закона регулирования (передаточной функции и параметров регулятора температуры) собственно объекта регулирования (электропечи сопротивления) на вход управляемого регулятора напряжения (элементы 8 и 9) в предлагаемом техническом решении включен нелинейный блок со следующей функцией статического преобразования:

35 $U_y = \sqrt{|U_{rt}| \cdot K_{ur}} \cdot \text{sign}(u_{rt})$, (2)

реализуемой с помощью элементов 3 (блок выделения модуля), 4 (усилитель), 5 (блок извлечения квадратного корня), 6 (блок умножения) и 7 (блок выделения знака).

Из выражений (1) и (2) следует, что при наличии в структуре устройства такого блока обеспечивается линейная зависимость вводимой в печь мощности от выходного сигнала регулятора температуры:

$$40 \quad P_{ps} = U_{rt} \cdot K_{ur}^3 / R_n = U_{rt} \cdot K,$$

где $K = K_{ur}^3 / R_n$ - коэффициент усиления линеаризованного канала управления $U_{rt} \rightarrow P_{ps}$.

Откуда передаточная функция линеаризованного канала $U_{rt} \rightarrow P_{ps}$

$$45 \quad W_{1k} = P_{ps} / U_{rt} = K_{ur}^3 / R_n. \quad (3)$$

Тогда с учетом (3) передаточную функцию W_{rk} канала $U_{rt} \rightarrow U_{tp}$ с эквивалентной передаточной функцией электропечи сопротивления (например, одноемкостного звена)

$$50 \quad W_{ps} = \tau_{ps} / P_{ps} = \frac{K_{ps}}{T_{ps}p + 1}$$

и датчика температуры (термопреобразователя)

$$W_{tp} = \tau_{ps} / U_{tp} = K_{tp} / (T_{tp} + 1)$$

можно представить в виде:

$$W_{tk} = U_{tp} / U_{rt} = W_{lk} \cdot W_{ps} \cdot W_{tp} = \frac{K_{ur}^3}{R_n} \cdot \frac{K_{ps}}{T_{ps}p + 1} \cdot \frac{K_{tp}}{T_{tp}p + 1}, \quad (4)$$

где K_{ur} - коэффициент усиления управляемого регулятора напряжения; K_{ps} , T_{ps} , τ_{ps} - коэффициент передачи, эквивалентная постоянная времени и температура печи сопротивления; K_{tp} , T_{tp} , U_{tp} - коэффициент передачи, постоянная времени и выходной сигнал датчика температуры.

Если принять в качестве малой некомпенсируемой постоянной времени $T_{\mu} = T_{ps}$ (при условии, что $T_{tp} > T_{ps}$), то при настройке контура регулирования температуры на модульный (технический) оптимум с желаемой передаточной функцией разомкнутой системы

$$W_{\mu} = 1 / a_{rt} T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1) \quad (5)$$

можно получить передаточную функцию регулятора температуры W_{rt} из выражения

$$W_{rt} = W_{\mu} / W_{lk}. \quad (6)$$

После подстановки (4) и (5) в (6) и умножения его на $n = T_{rt} / T_{\mu}$ получим пропорционально-интегральный регулятор температуры с передаточной функцией

$$W_{rt} = K_{rt} \cdot \frac{T_{rt}p + 1}{T_{rt}p},$$

где K_{rt} , T_{rt} - коэффициент усиления и постоянная интегрирования регулятора температуры. Здесь

$$K_{rt} = \frac{R_n T_{rt}}{a_{rt} T_{ps} K_{ur}^3 K_{ps} K_{tp}}, \quad T_{rt} = T_{tp},$$

где a_{rt} - параметр настройки регулятора температуры (отметим, что для исключения недопустимого по технологическим требованиям перерегулирования в системах стабилизации и регулирования температуры целесообразно принимать $a_{rt} > 4$).

Изложенный подход линеаризации канала управляющего воздействия ($U_{rt} \rightarrow P_{ps}$) и его техническая реализация позволяют на основе теории линейных динамических систем синтезировать регулятор температуры в одноконтурной системе непрерывного действия и обеспечить требуемые показатели качества переходных и установившихся тепловых режимов печи по управляющему воздействию (сигналу задания температуры).

Источники информации

1. Ключев А.С. Автоматическое регулирование. М.: Энергия, 1967, с.79-80.
2. Авторское свидетельство №2109321, кл. G 05 D 23/19, 1998.
3. Альтгаузен А.П. и др. Справочник: Электрооборудование и автоматика

электротермических установок. - М.: Энергия, 1978, с.304.

Формула изобретения

Устройство для регулирования температуры электропечи сопротивления, содержащее последовательно соединенные задатчик температуры, регулятор температуры, блок управления, силовой управляемый блок, датчик температуры, отличающееся тем, что, с целью повышения точности поддержания при регулировании заданного температурного режима путем линеаризации канала регулирования "выход регулятора температуры - греющая мощность", дополнительно снабжено блоком выделения модуля, усилителем, блоком извлечения квадратного корня, блоком выделения знака и блоком умножения, выход которого соединен с входом блока управления, а первый вход через блок извлечения квадратного корня с выходом усилителя, вход которого соединен с выходом блока выделения модуля, вход которого соединен с выходом регулятора температуры и входом блока выделения знака, выход которого соединен со вторым входом блока умножения.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 324 215** ⁽¹³⁾ **C2**
Опубликовано на CD-ROM: MIMOSA RBI 2008/13D RBI200813D

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: 27.04.2009

Дата публикации: 10.12.2011

RU 2 324 215 C 2

RU 2 324 215 C 2